07 | const/volatile/mutable：常量/变量究竟是怎么回事?

2020-05-21 罗剑锋

讲述：Chrono
时长 12:05 大小 11.08M

你好，我是 Chrono。

上节课我讲了自动类型推导，提到 auto 推导出的类型可以附加 const、volatile 修饰（通常合称为“cv 修饰符”）。别看就这么两个关键字，里面的“门道”其实挺多的，用好了可以让你的代码更安全、运行得更快。今天我就来说说它们俩，以及比较少见的另一个关键字 mutable。

const 与 volatile

先来看 **const** 吧，你一定对它很熟悉了。正如它的字面含义，表示“常量”。最简单的用法就是，**定义程序用到的数字、字符串常量，代替宏定义**。

复制代码

```
const int MAX_LEN       = 1024;
const std::string NAME  = "metroid";
```

但如果我们从 C++ 程序的生命周期角度来看的话，就会发现，它和宏定义还是有本质区别的：**const 定义的常量在预处理阶段并不存在，而是直到运行阶段才会出现。**

所以，准确地说，它实际上是运行时的“变量”，只不过不允许修改，是“只读”的（read only），叫“只读变量”更合适。

既然它是“变量”，那么，使用指针获取地址，再“强制”写入也是可以的。但这种做法破坏了“常量性”，绝对不提倡。这里，我只是给你做一个示范性质的实验，还要用到另外一个关键字 volatile。

复制代码

```
// 需要加上volatile修饰，运行时才能看到效果
const volatile int MAX_LEN  = 1024;

auto ptr = (int*)(&MAX_LEN);
*ptr = 2048;
cout << MAX_LEN << endl;      // 输出2048
```

可以看到，这段代码最开始定义的常数是 1024，但是输出的却是 2048。

你可能注意到了，const 后面多出了一个 volatile 的修饰，它是这段代码的关键。如果没有这个 volatile，那么，即使用指针得到了常量的地址，并且尝试进行了各种修改，但输出的仍然会是常数 1024。

这是为什么呢?

因为“真正的常数”对于计算机来说有特殊意义，它是绝对不变的，所以编译器就要想各种办法去优化。

const 常量虽然不是“真正的常数”，但在大多数情况下，它都可以被认为是常数，在运行期间不会改变。编译器看到 const 定义，就会采取一些优化手段，比如把所有 const 常量

出现的地方都替换成原始值。

所以，对于没有 volatile 修饰的 const 常量来说，虽然你用指针改了常量的值，但这个值在运行阶段根本没有用到，因为它在编译阶段就被优化掉了。

现在就来看看 **volatile** 的作用。

它的含义是“不稳定的”“易变的”，在 C++ 里，表示变量的值可能会以“难以察觉”的方式被修改（比如操作系统信号、外界其他的代码），所以要禁止编译器做任何形式的优化，每次使用的时候都必须“老老实实”地去取值。

现在，再去看刚才的那段示例代码，你就应该明白了。MAX_LEN 虽然是个“只读变量”，但加上了 volatile 修饰，就表示它不稳定，可能会悄悄地改变。编译器在生成二进制机器码的时候，不会再去做那些可能有副作用的优化，而是用最“保守”的方式去使用 MAX_LEN。

也就是说，编译器不会再把 MAX_LEN 替换为 1024，而是去内存里取值（而它已经通过指针被强制修改了）。所以，这段代码最后输出的是 2048，而不是最初的 1024。

看到这里，你是不是也被 const 和 volatile 这两个关键字的表面意思迷惑了呢？我的建议是，你最好把 const 理解成 read only（虽然是“只读”，但在运行阶段没有什么是不可以改变的，也可以强制写入），把变量标记成 const 可以让编译器做更好的优化。

而 volatile 会禁止编译器做优化，所以除非必要，应当少用 volatile，这也是你几乎很少在代码里见到它的原因，我也建议你最好不要用（除非你真的知道变量会如何被“悄悄地”改变）。

基本的 const 用法

作为一个类型修饰符，const 的用途非常多，除了我刚才提到的修饰变量外，下面我再带你看看它的常量引用、常量指针等其他用法。而 volatile 因为比较“危险”，我就不再多说了。

在 C++ 里，除了最基本的值类型，还有引用类型和指针类型，它们加上 const 就成了**常量引用**和**常量指针**：

```
int x = 100;

const int& rx = x;
const int* px = &x;
```

const & 被称为**万能引用**，也就是说，它可以引用任何类型，即不管是值、指针、左引用还是右引用，它都能“照单全收”。

而且，它还会给变量附加上 const 特性，这样“变量”就成了“常量”，只能读、禁止写。编译器会帮你检查出所有对它的写操作，发出警告，在编译阶段防止有意或者无意的修改。这样一来，const 常量用起来就非常安全了。

因此，**在设计函数的时候，我建议你尽可能地使用它作为入口参数，一来保证效率，二来保证安全。**

const 用于指针的情况会略微复杂一点。常见的用法是，const 放在声明的最左边，表示指向常量的指针。这个其实很好理解，指针指向的是一个“只读变量”，不允许修改：

```
string name = "uncharted";
const string* ps1 = &name; // 指向常量
*ps1 = "spiderman";        // 错误，不允许修改
```

另外一种比较“恶心”的用法是，const 在“*”的右边，表示指针不能被修改，而指向的变量可以被修改：

```
string* const ps2 = &name;  // 指向变量，但指针本身不能被修改
*ps2 = "spiderman";         // 正确，允许修改
```

再进一步，那就是“*”两边都有 const，你看看是什么意思呢：

```
const string* const ps3 = &name;  // 很难看懂
```

```
2
```

实话实说，我对 const 在“*”后面的用法“深恶痛绝”，每次看到这种形式，脑子里都会“绕一下”，实在是太难理解了，似乎感觉到了代码作者“深深的恶意”。

还是那句名言：“代码是给人看的，而不是给机器看的。”

所以，我从来不用“* const”的形式，也建议你最好不要用，而且这种形式在实际开发时也确实没有多大作用（除非你想“炫技”）。如果真有必要，也最好换成其他实现方式，让代码好懂一点，将来的代码维护者会感谢你的。

与类相关的 const 用法

刚才说的 const 用法都是面向过程的，在面向对象里，const 也很有用。

定义 const 成员变量很简单，但你用过 const 成员函数吗？像这样：

复制代码

```
class DemoClass final
{
private:
    const long  MAX_SIZE = 256;    // const成员变量
    int         m_value;           // 成员变量
public:
    int get_value() const        // const成员函数
    {
        return m_value;
    }
};
```

注意，这里 const 的用法有点特别。它被放在了函数的后面，表示这个函数是一个“常量”。（如果在前面，就代表返回值是 const int）

“const 成员函数”的意思并不是说函数不可修改。实际上，在 C++ 里，函数并不是变量（lambda 表达式除外），所以，“只读”对于函数来说没有任何意义。它的真正含义是：函数的执行过程是 const 的，不会修改对象的状态（即成员变量），也就是说，**成员函数是一个“只读操作”**。

听起来有点平淡无奇吧，但如果你把它和刚才讲的“常量引用”“常量指针”结合起来，就不一样了。

因为“常量引用”“常量指针”关联的对象是只读、不可修改的，那么也就意味着，对它的任何操作也应该是只读、不可修改的，否则就无法保证它的安全性。所以，编译器会检查 const 对象相关的代码，如果成员函数不是 const，就不允许调用。

这其实也是对“常量”语义的一个自然延伸，既然对象是 const，那么它所有的相关操作也必然是 const。同样，保证了安全之后，编译器确认对象不会变，也可以去做更好的优化。

看到这里，你会不会觉得常量引用、常量指针、常量函数这些概念有些“绕”呢？别担心，我给你总结了一个表格，看了它，以后你写代码的时候就不会晕了。

<table>
<tr><th></th><th>const</th><th>非const</th></tr>
<tr><td>对象（实例）</td><td>(const T)
对象只读，只能调用const成员函数</td><td rowspan="3">可以修改对象，调用任意成员函数</td></tr>
<tr><td>引用</td><td>(const T&)
引用的对象只读，只能调用const成员函数</td></tr>
<tr><td>指针</td><td>(const T*)
指针指向的对象只读，只能调用const成员函数</td></tr>
<tr><td>成员函数</td><td>(func() const)
不允许修改成员变量</td><td>可以修改成员变量</td></tr>
</table>

极客时间

这方面你还可以借鉴一下标准库，比如 vector，它的 empty()、size()、capacity() 等查看基本属性的操作都是 const 的，而 reserve()、clear()、erase() 则是非 const 的。

关键字 mutable

说到这里，就要牵扯出另一个关键字“**mutable**”了。

mutable 与 volatile 的字面含义有点像，但用法、效果却大相径庭。volatile 可以用来修饰任何变量，而 mutable 却只能修饰类里面的成员变量，表示变量即使是在 const 对象里，也是可以修改的。

换句话说，就是标记为 mutable 的成员不会改变对象的状态，也就是不影响对象的常量性，所以允许 const 成员函数改写 mutable 成员变量。

你是不是有些奇怪：“这个 mutable 好像有点‘多此一举’啊，它有什么用呢？”

在我看来，mutable 像是 C++ 给 const 对象打的一个“补丁”，让它部分可变。因为对象与普通的 int、double 不同，内部会有很多成员变量来表示状态，但因为“封装”特性，外界只能看到一部分状态，判断对象是否 const 应该由这些外部可观测的状态特征来决定。

比如说，对象内部用到了一个 mutex 来保证线程安全，或者有一个缓冲区来暂存数据，再或者有一个原子变量做引用计数……这些属于内部的私有实现细节，外面看不到，变与不变不会改变外界看到的常量性。这时，如果 const 成员函数不允许修改它们，就有点说不过去了。

所以，**对于这些有特殊作用的成员变量，你可以给它加上 mutable 修饰，解除 const 的限制，让任何成员函数都可以操作它。**

复制代码

```
class DemoClass final
{
private:
    mutable mutex_type  m_mutex;    // mutable成员变量
public:
    void save_data() const          // const成员函数
    {
        // do someting with m_mutex
    }
};

```

不过要当心，mutable 也不要乱用，太多的 mutable 就丧失了 const 的好处。在设计类的时候，我们一定要仔细考虑，和 volatile 一样要少用、慎用。

小结

好了，今天我和你聊了 const、volatile、mutable 这三个关键字，在这里简单小结一下。

1.const

它是一个类型修饰符，可以给任何对象附加上“只读”属性，保证安全；

它可以修饰引用和指针，“const &”可以引用任何类型，是函数入口参数的最佳类型；

它还可以修饰成员函数，表示函数是“只读”的，const 对象只能调用 const 成员函数。

2.volatile

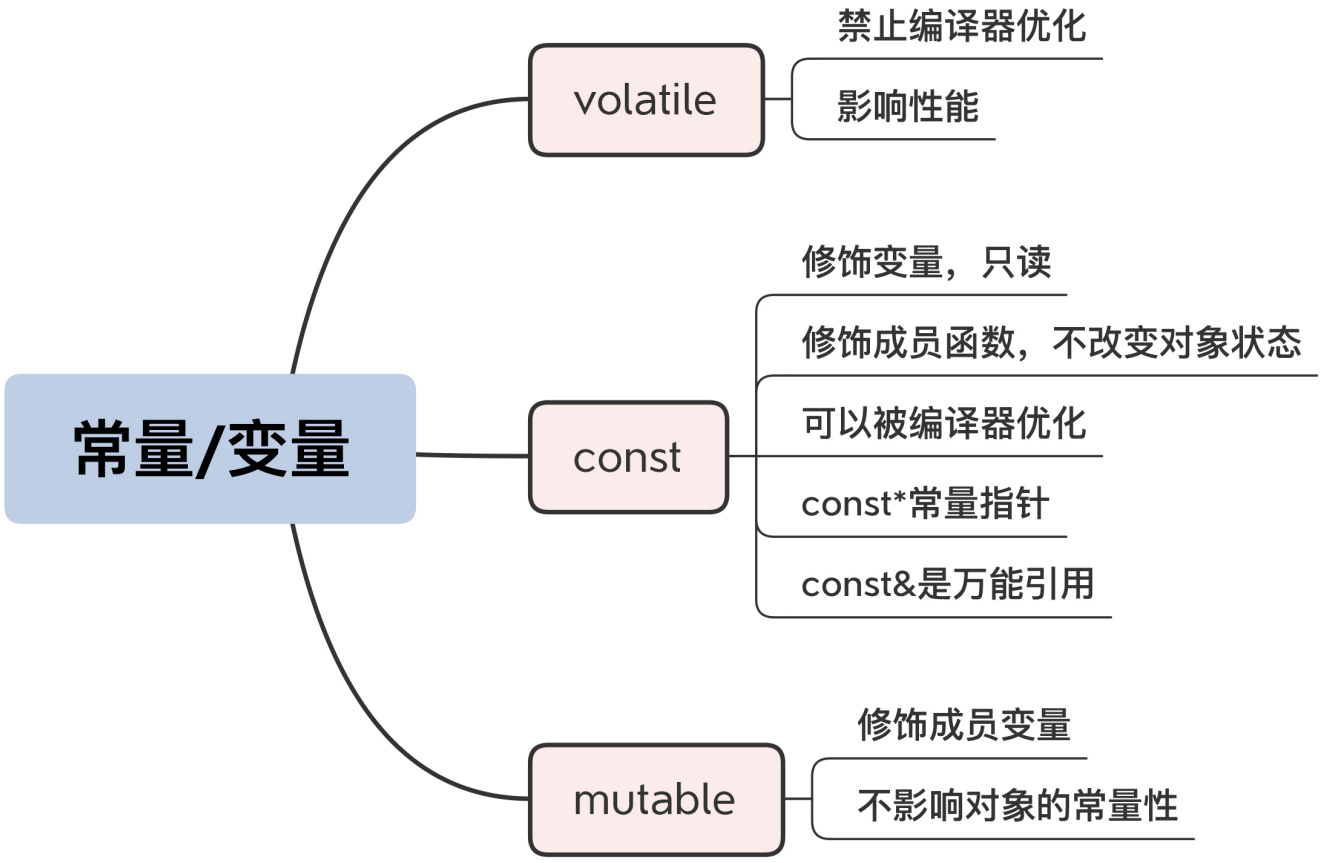
它表示变量可能会被“不被察觉”地修改，禁止编译器优化，影响性能，应当少用。

3.mutable

它用来修饰成员变量，允许 const 成员函数修改，mutable 变量的变化不影响对象的常量性，但要小心不要误用损坏对象。

你今后再写类的时候，就要认真想一想，哪些操作改变了内部状态，哪些操作没改变内部状态，对于只读的函数，就要加上 const 修饰。写错了也不用怕，编译器会帮你检查出来。

总之就是一句话：**尽可能多用 const，让代码更安全。**



这在多线程编程时尤其有用，让编译器帮你检查对象的所有操作，把“只读”属性持续传递出去，避免有害的副作用。

课下作业

最后是课下作业时间，给你留两个思考题：

1. 学完了这节课，你觉得今后应该怎么用 const 呢？
2. 给函数的返回值加上 const，也就是说返回一个常量对象，有什么好处？

欢迎你在留言区写下你的思考和答案，如果觉得文章对你有所帮助，也欢迎把文章分享给你的朋友，我们下节课见。

课外小贴士

1. 和预处理阶段的规则类似，常量的名字通常也用全大写的形式，但也有另外一种风格，就是在名字前加上“k”前缀。

2. 因为函数参数是“传值”语义，所以对于简单的值类型，如int、double，不用const &的形式，也不会影响效率。

3. const_cast是C++的四个转型操作符之一，专门用来去除“常量性”，可以用在某些极特殊的场景，比如调用纯C接口，但应当少用，最好不用。

4. 成员函数有一个隐含的this参数，所以从语义上来说，const成员函数实际上是传入了一个const this指针，但因为C++语法限制，无法声明const this，所以就把const放到了函数后面。

5. 依据应用场景，有的成员函数可能既是const又是非const，所以就会有两种重载形式，比如vector的front()、at()等，如果是const对象编译器就会调用const版本。

6. C++11里mutable又多了一种用法，可以修饰lambda表达式。

7. C++11引入了新关键字constexpr，能够表示真正的编译阶段常量，甚至能够编写在编译阶段运行的数值函数。

极客时间

课程预告

6月-7月课表抢先看

充 ¥500 得 ¥580

赠「¥ 118 月球主题 AR 笔记本」

【点击】图片，立即查看 >>>

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇　06 | auto/decltype：为什么要有自动类型推导?

下一篇　08 | smart_ptr：智能指针到底“智能”在哪里?

精选留言 (12)

写留言

无止境
2020-05-21

c++的指针和引用有啥区别老师?

展开

作者回复: 简单来说，指针是内存地址，引用是变量别名，指针可以是空，而引用不能为空。

1　4

EncodedStar
2020-05-22

用好const 记住文章中的 “ “const &”可以引用任何类型，是函数入口参数的最佳类

型” 是重点

作者回复: 这个是一个通用准则，但对于int、double这样小而简单的类型就有点“重”，int这样的内建类型可以直接用const T。

Boost库里有一个call_traits，它可以推导出最佳类型。

2

韩泽文
2020-05-21

我之前的理解好像与这个有偏差：
const变量在未被优化时是分配到内存中，该内存页表标记为只读，不可写。 程序执行过程中尝试修改该内存就会页出错。
同样的，const在编译阶段能够起到 安全作用，凡是同一个编译单元(同一个cc文件尝试修改它就会报错)...
展开

作者回复: 我记得const最早是C++使用的，后来被借进了C。

const常量其实就是变量，没有内存页标记这种机制，只是编译器会做检查，运行时不会有约束。

1

范闲
2020-05-21

1. effecttive里主要的用处就是const替换define，const成员函数，const &入参
2.返回常量对象就是实际上保持了内部状态的不可变。不受外部影响，实际上也是不希望外部改变对象

作者回复: 说的挺好的，其实在effective 里对const也花了很多的篇幅，用好const真的能够让代码更安全。

1

沉淀的梦想
2020-05-25

不太理解老师所说的 `const &` 万能引用，写了个 demo 发现编译不不过啊：

```
int test(const int& any) {
...
```
展开

作者回复: “万能引用”也要类型对才行，你的函数入口是const int&，而传入的是int*，这两个类型不匹配，那就肯定是不行的。

C++对类型的检查比较严格，这方面确实还要再学习了解一下。

1

汪zZ
2020-05-24

突然发现是学长啊。
感觉C++ Primer挺好的，如果看得过程中留意变量定义，会归纳出const的用法的，其实照着书上的例子好好的理解为什么用const，什么时候用，也就懂了。当然老师你归纳得也非常好。
展开

作者回复: 不知道是哪个学校的学弟，见笑了。

const的用法比较零散，但又的确很重要，所以很有必要特别说一下。

xGdl
2020-05-24

对于const，存在常量折叠，老师所说的readonly非常到位，但对于const前后的*，只需要掌握类型的读取规则其实也就很简单《c++语法详解》，左结合优先即可。

volatile修饰，阻止编译器优化，听说在msvc具有原子保证，而gcc不保证。
展开

作者回复:
1.*const用法仔细阅读也能理解，但这需要花费不少力气，我希望的是代码尽量让人轻松阅读，不是所有人都能或者愿意掌握复杂的指针用法的。

2.看C++应该看标准，尽量不要依赖编译器，volatile本身不具有原子性，应该用atomic库。

silverhawk
2020-05-23

const 那个左右是遗传自C的那个左右法则，写代码时候也深恶痛绝，尤其是几层嵌套的const，最好加个括号一目了然。另外volatile也是经常需要跟硬件打交道的地方比较多，比如某个寄存器的值，可能程序不会修改但是被硬件中段信号修改，不过这些现在C++用不太到 了

展开

作者回复: 说的很好，我还见过const char * const * const，太可怕了。

禾桃
2020-05-22

"它可以修饰引用和指针，“const &”可以引用任何类型，是函数入口参数的最佳类型"

不太理解这个，能麻烦举个例子吗?

谢谢!

展开

作者回复: int func(const T& x)，这样，无论x是什么类型，都可以接受，而且在函数体里不会被改变。

java2c++
2020-05-22

1.成员变量采用const代替宏定义define，功效有点类似于Java的final关键字，目的只是为了编译环节进行替换

作者回复: 前半句说的比较对，后面我觉得有点问题。

const常量不一定会在编译阶段做替换，这个不是标准里规定的，只是很多编译器都这么做来实现优化，不能把这种做法当成是必然。

const常量还是应该理解成运行时只读的变量。

蓝配鸡
2020-05-21

拿什么练手呢...工作中读C++较多， 写的少。

展开

作者回复: 读C++多，那可以试着自己改写优化一下这些代码。

lckfa李钊
2020-05-21

在所有能使用const的地方使用const，增强代码的健壮性，使用多了，你未必看到它的好，但是它确实在那里发挥着作用，这样的回答有点人云亦云了。
返回一个常量对象，最直接的作用是保证在函数返回时无法直接修改这个对象，比如 funcret()++ ，这种代码会在编译器失败，可以起到保护对象的作用。其他的好处需要老师指点下了

展开

作者回复: 说得挺好的。

返回const对象，就能保证它是安全不会被改变的，限制了它的内外部影响。